

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-101131

(43)公開日 平成9年(1997)4月15日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/30	1 0 2		G 0 1 B 11/30	1 0 2 Z
B 2 4 B 49/00			B 2 4 B 49/00	
49/12			49/12	
G 0 1 B 21/30	1 0 1		G 0 1 B 21/30	1 0 1 F

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平7-259852

(22)出願日 平成7年(1995)10月6日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 甲斐 聡

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

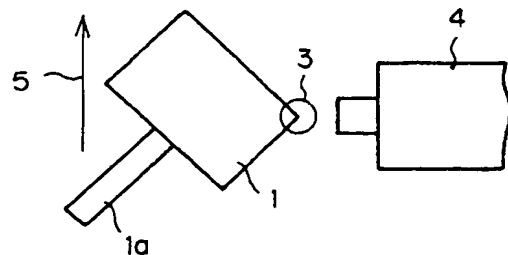
(74)代理人 弁理士 高野 明近 (外1名)

(54)【発明の名称】 砥石状態評価法

(57)【要約】

【課題】 加工機上で実際の加工に近い状態で砥石状態を測定し、砥石が望まれる状態でツルーイング、ドレッシングされているかを評価する。

【解決手段】 軸1aまわりに回転する円筒状の砥石1の角部3で研削する加工において、砥石角部3と対向し、非接触に設けた光学式の変位センサ4を砥石1に対して矢印5の方向に相対移動する。これにより、砥石1が回転停止状態では、ダイヤモンド砥粒と砥石ボンドとの凹凸と反射率の相異とから砥粒の突出し量を測定する。砥石1を回転した状態で凹凸及び回転振れを測定し、更に研削する部分である角部3の砥石頂点の平坦度を測定して加工面の粗さを測定し、砥石1が目的とする加工精度が得られる望まれる状態にツルーイングされているか否かを判断する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 円筒状砥石の角部を用いて研削する研削加工において、加工機上で砥石の状態を非接触で測定し、該砥石状態を評価することを特徴とする砥石状態評価法。

【請求項 2】 前記非接触で測定するセンサを光学式の変位センサとすることを特徴とする請求項 1 に記載の砥石状態評価法。

【請求項 3】 前記光学式の変位センサは、前記砥石の砥粒径よりも狭い間隔を測定可能で、前記砥粒の突き出し量を測定することができる能力を有することを特徴とする請求項 2 に記載の砥石状態評価法。

【請求項 4】 前記砥石を回転させない状態で前記センサを走査し、該砥石の表面状態を測定することを特徴とする請求項 3 に記載の砥石状態評価法。

【請求項 5】 前記砥石を構成する砥粒とボンドを各々の光の反射率の違いを利用して区別し、該砥粒の突き出し量を測定することを特徴とする請求項 4 に記載の砥石状態評価法。

【請求項 6】 前記砥石を回転させた状態で該砥石の測定を行い、該砥石の回転振れと表面の凹凸を同時に測定することを特徴とする請求項 1 に記載の砥石状態評価法。

【請求項 7】 前記測定結果に基づいて、前記砥石のツルージング完了の評価を行うことを特徴とする請求項 6 に記載の砥石状態評価法。

【請求項 8】 前記砥石を回転させた状態で、該砥石を非接触で測定する測定手段を該砥石に対し相対移動し、該砥石が実際に前記加工面に作用する状態に近い状態で該砥石を測定することを特徴とする請求項 1 に記載の砥石状態評価法。

【請求項 9】 測定された前記砥石の形状と、予め定められた加工条件から前記加工面の表面粗さを推定することを特徴とする請求項 8 に記載の砥石状態評価法。

【請求項 10】 推定した前記加工面の表面粗さにより、該砥石のツルージング完了を判断することを特徴とする請求項 9 に記載の砥石状態評価法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、砥石状態評価法に関し、より詳細には、実際に加工が行われる状態に近い状態で加工機に取り付けた砥石の状態を測定して、加工面の粗さに影響する砥石の状態を評価する砥石状態評価法に関する。

**【0002】**

【従来の技術】機械加工分野において、半導体基板、金属ガラス、セラミックス等、硬度の高い加工物に対し鏡面研削を行うとき、研削加工に使用される砥石には、通常、微細なダイヤモンド、チタンカーバイドあるいは酸化アルミニウム等の電気絶縁性の砥粒と、該砥粒を導電

性金属のボンドにより、強固に結合して形成された円筒状や円板状のメタルボンド砥石が用いられる。この様に構成された砥石は、ボンド面上に砥粒が突き出した状態で加工に使用される。しかし、加工時における砥石は、砥粒がボンドから一定量突き出したままの状態を保つのではなく、砥粒とボンドとが被加工物により粒砕されながら、新たな砥粒を突き出させて突き出した新たな砥粒により切削が行われ、この状態を継続しながら研削がなされる。このときの砥粒の突き出し量は加工面の粗さ精度に影響を与える重要なファクターである。しかし、使用する以前の砥石は、加工面に対する回転振れや、凹凸、又は形状において高精度な加工を行うために満足な値をもっている状態ではないので、アルミナ等を含む砥石研削剤を用いて回転振れや凹凸のない、しかも均一な形状にするためのツルージングが行われ、また、砥粒の突き出し量を確保するため、電解作用を利用するなどの方法によりドレッシングが行われる。

【0003】特に、例えば、レンズ面のように、加工面の形状の自由度を増すため、砥石の研削面が平面ではなく、円筒面と円筒端面の境界で形成される砥石角部を用いる加工が行われるが、砥石角部を用いて加工を行う場合においても、砥石の角部が作用する点の回転振れや、凹凸が加工面の粗さ精度に影響を与える点は平面加工の場合と同様であるので、これを取り除くためのツルージングやドレッシングが加工前に行われる。このため、砥石の研削面の凹凸や、砥粒の突き出し量が測定される。砥石の表面状態を測定する装置として、特開平 5-123966 号公報が開示されている。

【0004】特開平 5-123966 号公報による砥石表面性状表示装置は、円筒形状の砥石端面に電気マイクロメータ等の変位計の触針先端を接触させながらトレースして、研削面の凹凸の大きさを測定すると同時に、触針と砥石との間に電圧を印加して触針が接触した部分が電気絶縁性の砥粒であるか、導電性のボンドであるかを検知し、前記凸部分が砥粒によるものかボンドによるものであるかを記録して砥石表面の性状を表示できるようにした装置である。

**【0005】**

【発明が解決しようとする課題】上述した砥石表面を触針でトレースすることにより、凹凸を測定する方法では、同時に砥石と触針との間に電圧を印加して、通電状態をみて、凸部が砥粒であるかボンドであるかを検知するので、砥石表面の凹凸を測定するための変位計は触針を有することが条件となっている。しかし、触針は、先端が微小球状を呈しており、触針先端半径による誤差が生ずるので、より微細な凹凸形状や砥粒の突き出しなどの砥石状態を安定して高精度に計測することが不可能である。また、砥石表面性状表示装置を用いて加工面の評価を行うことはなされていない。

【0006】一方、砥石角部を用いる加工において、加

工前に行われたツルーイングやドレッシングにより、砥石角部が回転振れがなく、凹凸の大きさが所定以下であり、砥石角部が所定の形状であるか否かが不明であった。

【0007】本発明は、砥石角部を用いる加工において、砥石を取り付けた加工機上で実際に加工が行われる状態に近い状態で、目的とする加工精度を得るため砥石が望ましい状態にツルーイングされドレッシングされているかを、光を用い非接触に測定して正確に評価を行うことができる砥石状態評価法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、円筒状砥石の角部を用いて研削する研削加工において、加工機上で砥石の状態を非接触で測定を行うことにより、実際の加工が行われる状態に近い状態で、砥石が目的とする加工精度が得られる望ましい状態にあるかを評価できるようにしたものである。

【0009】請求項2の発明は、請求項1の発明において、前記非接触で測定するセンサを光学式の変位センサとすることにより、砥石の状態を評価するための微細な変位を非接触に高精度で計測できるようにしたものである。

【0010】請求項3の発明は、請求項2の発明において、前記光学式の変位センサは、前記砥石の砥粒径よりも狭い間隔を測定可能で、前記砥粒の突き出し量を測定することができる能力をもち、砥粒を正確に測定できるようにしたものである。

【0011】請求項4の発明は、請求項3の発明において、前記砥石を回転させない状態で前記センサを走査し、該砥石の表面状態を振動等の雑音を受けることなく高精度に測定できるようにしたものである。

【0012】請求項5の発明は、請求項4の発明において、前記砥石を構成する砥粒とボンドを各々の光の反射率の違いを利用することにより、該砥粒とボンドの区別を非接触に行い、該砥粒の突き出し量を測定できるようにしたものである。

【0013】請求項6の発明は、請求項1の発明において、前記砥石を回転させた状態で該砥石の測定を行うことにより、該砥石の回転振れと、表面の凹凸を同時に測定できるようにしたものである。

【0014】請求項7の発明は、請求項6の発明において、前記測定結果に基づいて、前記砥石のツルーイング完了の評価を行い不必要なツルーイングを行う無駄をなくすようにしたものである。

【0015】請求項8の発明は、請求項1の発明において、前記砥石を回転させた状態で、該砥石を非接触で測定する測定手段を該砥石に対し相対移動し、該砥石が実際に前記加工面に作用する状態に近い状態で該砥石を測定できるようにしたものである。

【0016】請求項9の発明は、請求項8の発明において、測定された前記砥石の形状と予め定められた加工条件から前記加工面の表面粗さを推定することができるようにしたものである。

【0017】請求項10の発明は、請求項9の発明において、推定した前記加工面の表面粗さにより、該砥石のツルーイング完了を判断し早期加工が実現できるようにしたものである。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は、本発明による砥石状態評価法の実施の形態を説明するための砥石の角部を用いた加工の一例を示した図で、1は砥石、2は加工物、3は砥石の角部であり、加工物2は、被加工の曲面2aを有し、曲面2aを外側に向け加工機（図示せず）に固着されている。曲面2aを加工する砥石1は、例えば、透明なダイヤモンドを砥粒とし、該ダイヤモンド砥粒を金属の砥石ボンドで固着した円筒状体で、軸1aまわりに回転可能に加工機に取り付けられている。このときの砥石1の取り付け姿勢は、砥石1の円筒面と円周面との境界をなす砥石角部3が加工物2の被加工曲面2cに対向するようになっており、砥石1は加工機の制御装置（図示せず）から出力される。移動方向の指令に従って軸1aまわりに回転しながら曲面2a上を加工する。

【0019】図2は、図1に示した砥石の測定時の様子を説明するための図で、図中、4はセンサ、5はセンサと砥石を相対移動させる方向で、センサ4は、加工機に取り付けられた砥石1の非研削側の砥石角部3と離間した位置に砥石1と非接触に設けられ、砥石1が加工面に作用する点における回転振や砥石面の凹凸あるいは砥石の形状等を計測するためのセンサで、具体的には、光学式の変位センサである。このため、センサ4と砥石1の相対移動方向5は、センサ4を固定座標としたとき、砥石1の送り方向を示す。このように、センサ4と砥石1とが相対移動することにより、センサ4は砥石角部3に沿って砥石角部3を走査し、砥石角部3の凹凸を計測する。凹凸を形成する砥粒および砥石ボンドの突き出し変位を測定するセンサ4は、砥粒の突出し部の外径寸法よりも狭い間隔を測定可能であり、しかも、砥粒がボンド面より突き出している突き出しの高さも高精度に計測することができる測定能力をもっていることが必要である。

【0020】従って、高精度のセンサ4を用いて砥石角部3の凹凸を高精度に計測するには、砥石1を回転させず振動による雑音の発生しない状態でセンサ4を矢印5の方向に走査することが必要条件となる。

【0021】図3は、本発明の砥石状態評価法によるダイヤモンド砥粒の突き出し状態を測定した実施例を説明するための図で、横軸が走査量、縦軸の上部が変位、下部が反射率をとっており、図中、Aの位置はダイヤモンド砥粒、Bの位置は砥石ボンドの位置をあらわしてい

る。図3に示す研削する砥石角部3の面の凹凸変位は、砥石1を回転させない状態で、センサ4と砥石1とを相対変位させてダイヤモンド砥粒の突き出し状態を測定したもので、測定結果は基準線〇-〇に関し、上方に突き出している部分が大きい程、突き出し量は大きいことを示している。突き出し量の大きい部分が必ずしもダイヤモンド砥粒の突き出し部分とは限らず、砥石ボンダが突き出していることも含まれる。突き出し部分がダイヤモンド砥粒であるか砥石ボンダによるものであるかは、下部に示す反射率の大小を含めて測定できる。

【0022】図4は、ダイヤモンド砥粒と砥石ボンダの反射率の相違を説明するためのイメージを示す砥石の断面図で、図中、6はダイヤモンド砥粒、7は砥石ボンダで、同図は、砥石ボンダ7により結合された1個のダイヤモンド砥粒8が砥石ボンダ7の面から突き出していることを示すが、光の反射率は、砥石ボンダ7よりも透明で鋭角な形状をもつダイヤモンド砥粒8の方が低いので、光の反射率の大きさから、砥石ボンダ7がダイヤモンド砥粒8かを判別することができる。

【0023】すなわち、図3において、突き出し変位が大きく、且つ、反射率の小さいA部分が、図4に示すダイヤモンド砥粒8であり、突き出し変位が小さく、且つ、反射率の大きいB部分が図に示す砥石ボンダ7であり、突き出し量が大きくても、反射率の小さい部分はダイヤモンド砥粒8ではないと判断できる。このように、砥石角部3の面の突き出し変位と、反射率差の測定から、ダイヤモンド砥粒8と砥石ボンダ7とを区別することができ、しかも、ダイヤモンド砥粒8の突き出し量を高精度に求めることができる（請求項1乃至5に対応）。以上の説明においては、砥石1が回転していない状態で砥石角部3の研削面の凹凸を計測したが、ツルーイングにおいては、砥石1の回転振れと表面の凹凸を同時に計測することによりツルーイングの評価を行うことが効果的である。

【0024】図5は、本発明による砥石状態評価法の実施の形態を説明するための砥石が回転したときの状態を示す図で、図5（A）はツルーイング前、図5（B）はツルーイング後の砥石状態を示す図であり、横軸が時間、縦軸が砥石表面の凹凸の大きさを示す。

【0025】図5（A）に示すツルーイング前の砥石角部3の砥石状態は、図5（B）に示すツルーイング後の砥石状態に比べて、所定時間 $T_1$ での凹凸のピーク（ $P_1 \sim P_2$ ）間の変位の大きさが大きく、時間の経過に従って砥石1が回転する回転周期に従って周期的に変化する凹凸のピーク値（ $P_1 \sim P_2$ ）間を時間平均した変位曲線Cの振幅も大きい。すなわち、図5（A）、図5（B）は、ツルーイング後においては、変位曲線Cの振幅に逆比例して砥石1の回転振れが小さくなり、凹凸の（ $P_1 \sim P_2$ ）間の変位に逆比例して凹凸が小さくなることを示している。

【0026】従って、砥石1を回転した状態で行うツルーイングにおいて、砥石角部3の表面の凹凸のピーク値（ $P_1 \sim P_2$ ）間の変位の大きさ、および、変位曲線Cの振幅の大きさを測定することにより、ツルーイングの効果を評価することができる。逆に、ツルーイングの完了する時期を、表面の凹凸の大きさ及び周期変位曲線Cの振幅の大きさが予め設定した値に達したことにより、検知することができる（請求項6、7に対応）。

【0027】このことは、逆の面から見ると、砥石1を回転した状態で、砥石1にたいしセンサ4を相対変位させ、砥石1の表面の凹凸の大きさ、及び、周期的な変位曲線Cの振幅の大きさを計測することにより、砥石1がツルーイングされた状態を保っているか否かを知ることができる。すなわち、砥石1が加工面に作用する状態に近い状態で砥石1の状態を計測することができる。以上、砥石1の回転振れおよび、表面の凹凸について述べたが、次に、砥石形状について述べる。

【0028】図6は、図1に示した測定点である砥石角部を説明するための側面図で、図7は、図6の円で示した砥石角部の拡大図であり、図中、8は円筒面、9は円周面、10は砥石頂点で、図示のように、砥石角部3は、円筒状の砥石1の円筒面8と円周面9との境界をなす円周であるが、砥石角部3は研削面となるため、砥石角部3は円筒面8に対し、所定角度をもった円錐部分状のテーパ面となっている。このため、砥石1の軸1aを含む断面形状において砥石角部3は、図7に示すように、砥石頂点10と砥石円筒面8と円周面9とで形成される。砥石頂点10は、研削面となる部分で加工物2と平行し対向している。

【0029】図8は、砥石角部を実測した結果を示す図で、横軸が走査方向、縦軸が変位をあわしている。図8に示した砥石角部3の測定結果は、図2に示すように、砥石1を回転させながら砥石1とセンサ4を矢印5方向に相対移動させて得られたもので、図形から頂点部10の形状を把握することができる。図8に示した例では、砥石頂点10の形状は略平坦であることが知られている。しかし、図9に示す砥石頂点測定結果の例は、砥石頂点の形状は平坦ではなく、頂点が左側に傾いている砥石頂点の例である。砥石頂点の傾きは、加工物の表面粗さに関係する重要な指標となるものであるから、これを評価することが求められる。

【0030】図10は、砥石角部のモデルの一例を示す図で、砥石頂点10の傾きは、砥石1を砥石頂点10に沿って長さL移動したとき、長さLと移動方向と直角な方向の最大の変位量 $\Delta h$ との比 $\Delta h/L$ であらわされる。このときの加工物2の表面粗さ $R_f$ は、加工物2の回転数をN、砥石1の送り速度をfとすると、

【0031】

【数1】

$$R_f = \frac{\Delta R}{L} \left( \frac{f}{N} \right) \quad \dots (1)$$

【0032】で表される。図9に示した砥石頂点測定結果と加工条件とを(1)式に代入して加工物の表面粗さ $R_f$ を推定した結果、加工物の表面粗さ $R_f = 30 \sim 60$  nm(ナノ・メートル)程度と推定された。測定を行った砥石で、実際に超硬合金を研削したところ、表面粗さが40 nm程度となり、推定された加工物の表面粗さと一致することが確認された。

【0033】このように、測定された砥石頂点10の形状と加工条件とから、加工物の表面粗さ $R_f$ が推定される。従って、(1)式により推定された表面粗さ $R_f$ により、砥石1のツルージングの完了したことが判断できる。このため、必要以上のツルージングを行うことが避けられる(請求項8, 9, 10に対応)。

#### 【0034】

##### 【発明の効果】

請求項1に対応する効果：円筒状砥石の角部を用いて研削する研削加工において、加工機上で砥石の状態を非接触で測定を行ったので、実際の加工が行われる状態に近い状態で、砥石が目的とする加工精度が得られる望ましい状態にあるかを評価できる。

【0035】請求項2に対応する効果：前記非接触で測定するセンサを光学式の変位センサとしたので、砥石の状態を評価するための微細な変位を非接触高精度で計測できる。

【0036】請求項3に対応する効果：前記光学式の変位センサは、前記砥石の砥粒径よりも狭い間隔を測定可能な能力を有するので、前記砥粒の突き出し量を測定することができる能力をもち、砥粒を正確に測定できる。

【0037】請求項4に対応する効果：前記砥石を回転させない状態で前記センサを走査するので、該砥石の表面状態を振動等の雑音を受けることなく高精度に測定できる。

【0038】請求項5に対応する効果：前記砥石を構成する砥粒とボンドを各々の光の反射率の違いを利用して測定するので、該砥粒とボンドの区別を非接触に行い、該砥粒の突き出し量を測定できる。

【0039】請求項6に対応する効果：前記砥石を回転させた状態で該砥石の測定を行うので、該砥石の回転振れと、表面の凹凸を同時に測定できる。

【0040】請求項7に対応する効果：前記測定結果に基づいて、前記砥石のツルージング完了の評価を行うようにしたので、不必要なツルージングを行う無駄をなくすることができる。

【0041】請求項8に対応する効果：前記砥石を回転させた状態で、該砥石を非接触で測定する測定手段を該砥石に対し相対移動するようにしたので、該砥石が実際に前記加工面に作用する状態に近い状態で該砥石を測定することができる。

【0042】請求項9に対応する効果：測定された前記砥石の形状と予め定められた加工条件から前記加工面の表面粗さを推定することができる。

【0043】請求項10に対応する効果：推定した前記加工面の表面粗さにより、該砥石のツルージング完了を判断し早期加工が実現できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による砥石状態評価法の実施の形態を説明するための砥石の角部を用いた加工の一例を示した図である。

【図2】 図1に示した砥石の測定時の様子を説明するための図である。

【図3】 本発明の砥石状態評価法によるダイヤモンド砥粒の突き出し状態を測定した実施例を説明するための図である。

【図4】 ダイヤモンド砥粒と砥石ボンドの反射率の相違を説明するためのイメージを示す砥石の断面図である。

【図5】 本発明による砥石状態評価法の実施の形態を説明するための砥石が回転したときの状態を示す図である。

【図6】 図1に示した測定点である砥石角部を説明するための側面図である。

【図7】 円で示した図6の砥石角部の拡大図である。

【図8】 砥石角部を実施した結果を示す図である。

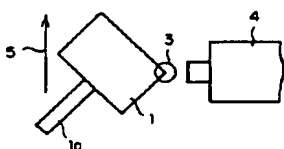
【図9】 砥石頂点測定結果の例を示す図である。

【図10】 砥石角部のモデルの一例を示す図である。

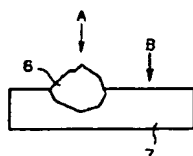
#### 【符号の説明】

1…砥石、2…加工物、3…砥石の角部、4…センサ、5…センサと砥石を相対移動させる方向、6…ダイヤモンド砥粒、7…砥石ボンド、8…円筒面、9…円周面、10…砥石頂点。

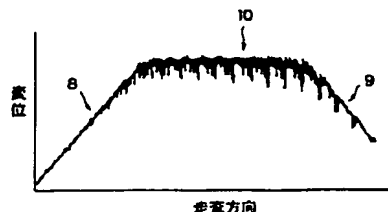
【図2】



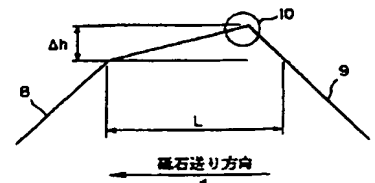
【図4】



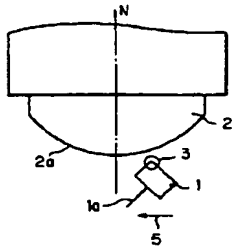
【図8】



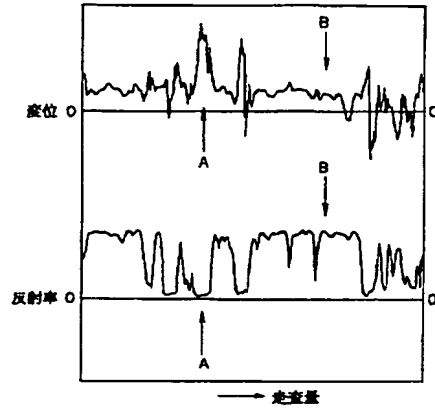
【図10】



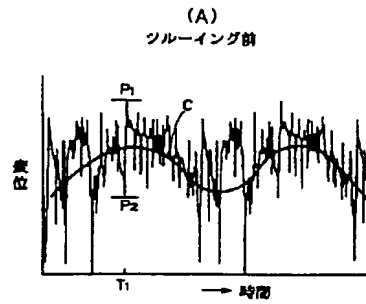
【図1】



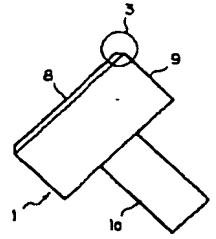
【図3】



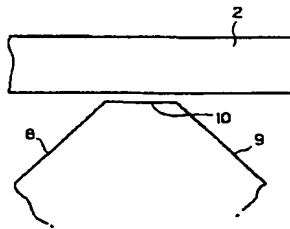
【図5】



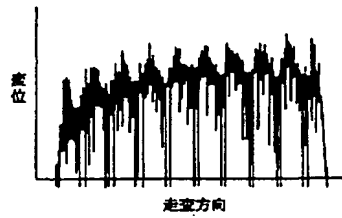
【図6】



【図7】



【図9】

(B)  
ツルーイング後